

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-219927

(43)Date of publication of application : 11.08.1992

(51)Int.Cl.

H01L 21/22  
H01L 21/225  
H01L 21/331  
H01L 29/73

(21)Application number : 02-404153

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 20.12.1990

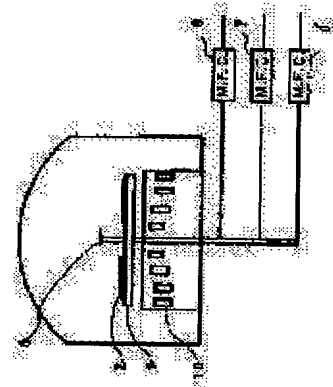
(72)Inventor : KIYOTA YUKIHIRO  
NAKAMURA TORU  
ONOUCHI YUKIHIRO  
INADA TARO

## (54) METHOD AND DEVICE FOR DIFFUSING IMPURITY

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide an impurity diffusing method which can control the concentration of an impurity within a wide range from a low concentration to a high concentration.

**CONSTITUTION:** A junction is formed by removing a natural oxide film from the surface of a wafer 2 by performing annealing, etc., on the wafer 2 in a hydrogen atmosphere under a normal pressure and performing instantaneous heating, etc., on the wafer by making B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> gas to flow to the wafer from a gas nozzle 5 while hydrogen is made to flow to the wafer. As a result, a shallow junction of  $\leq 50\text{nm}$  in depth can be formed. At the time of making the B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> gas to flow, the surface impurity concentration of a diffusion layer can be controlled by changing the flow rate of the gas. Since an impurity is diffused in the diffusion layer without passing through the natural oxide film, such a shallow junction that is not able to be formed by an ion implanting method can be formed at a low temperature. In addition, since the gas is used as a diffusing source, the concentration of the impurity can be controlled by adjusting the concentration and flow rate of the impurity. In addition, since the diffusion is made in the hydrogen atmosphere under a normal pressure, the partial pressure of the gas from the diffusion source is reduced and the gas is uniformly distributed on the surface of a substrate. Therefore, the impurity can be diffused without depositing an impurity layer on the surface of a wafer.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-219927

(43) 公開日 平成4年(1992)8月11日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/22	Y	8518-4M		
	L	8518-4M		
21/225	D	8518-4M		
21/331				
		7739-4M		
			H 0 1 L 29/72	

審査請求 未請求 請求項の数9(全 7 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平2-404153

(22) 出願日 平成2年(1990)12月20日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 清田 幸弘

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 中村 徹

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 尾内 享裕

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 不純物拡散法及びその装置

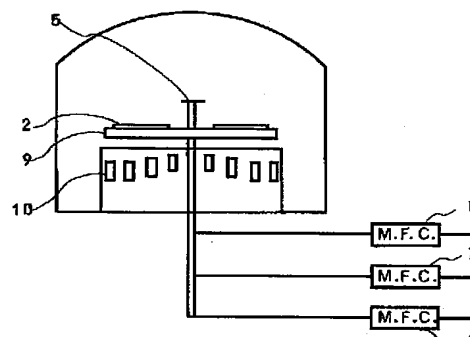
(57) 【要約】

【目的】 本発明は低濃度から高濃度まで制御可能で、均一性のある不純物拡散方法を提供するものである。

【構成】 常圧の水素雰囲気中でアニールするなどしてウエハ(2)上の自然酸化膜を除去し、水素を流したままガスノズル(5)から $B_2H_6$ ガスを流すなどをしてしながら瞬間加熱をすることにより、接合を形成する。これにより50nm以下の浅い接合を形成することができる。この時 $B_2H_6$ ガスの流量変化させることによって拡散層の表面不純物濃度を制御することができる。

【効果】 自然酸化膜を介さずに不純物が拡散していくのでイオン打ち込み法では不可能な浅い接合を低温で形成することができる。また、拡散源としてガスを用いているのでその濃度、流量を調節することによって、不純物濃度を制御することができる。さらに拡散を常圧の水素雰囲気で行うので拡散源ガスの分圧が小さいために基板上に拡散源のガスが均一に分布し、不純物層をウエハ表面に堆積すること無しに不純物を拡散させることができる。

半導体製造装置断面図(図4)



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基板に反対導電型の不純物を導入して拡散層を形成する不純物拡散法において、上記基板表面の自然酸化膜を除去してから瞬間加熱によって上記不純物を拡散させることを特徴とする不純物拡散法。

【請求項2】上記不純物の拡散源として上記不純物を含むガスを用い、上記不純物を含む上記ガスの流量もしくは上記ガス中の上記不純物の濃度を变化させることによって、上記拡散層の不純物濃度を制御することを特徴とする請求項1記載の不純物拡散法。

【請求項3】上記不純物を拡散させる前に $\text{SiO}_2$ を $\text{SiO}$ に変換する作用のあるガスを流すことにより、上記自然酸化膜を除去することを特徴とする請求項1記載の不純物拡散法。

【請求項4】急熱急冷が可能なランプを具備し $\text{SiO}_2$ を $\text{SiO}$ に変換する作用のあるガス及び水素を導入する機構を具備した前処理室と、急熱急冷が可能なランプを具備し水素及び不純物を含むガスを導入する機構を具備した1個以上の拡散室とからなり、上記前処理室と上記拡散室の間を水素雰囲気あるいは10のマイナス7乗 $\text{ Torr}$ 以下の気圧の真空を有するウエハ搬送系で連結したことを特徴とする不純物拡散装置。

【請求項5】半導体基板上に、バイポーラトランジスタのベース領域もしくはエミッタ領域である拡散層を不純物拡散形成してなることを特徴とする請求項1記載の不純物拡散法。

【請求項6】半導体単結晶清浄表面を水素で終端し、水素によって上記不純物の上記単結晶表面への吸着を促進することを特徴とする請求項1記載の不純物拡散法。

【請求項7】上記不純物を含むガスが分解しない温度で、上記不純物を含むガスを流して上記不純物原子を上記半導体基板表面に吸着させ、次に700℃以上で上記不純物を拡散させる工程を繰り返すことを特徴とする請求項1記載の不純物拡散法。

【請求項8】上記不純物を含むガスを流しながら、上記不純物の拡散及び拡散された上記不純物の活性化を行うことを特徴とする請求項1記載の不純物拡散法。

【請求項9】上記不純物を拡散させる際に、上記半導体基板表面にあらかじめ浅い不純物層を形成することなく、気相から直接拡散させることを特徴とする請求項1記載の不純物拡散法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は不純物拡散法およびその装置に関し、特に浅い接合を制御性良く形成する不純物拡散法およびその装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来は、「集積回路工学(1)P. 83-94, コロナ社」で論じられているように、半導体基板表面への不純物拡散は自然酸化膜を通して石英拡散炉

2

で行われてきた。この時の拡散源としては不純物を含むガラス、液体、気体を用いられてきた。しかしこの従来法では半導体表面に不純物を含むガラス層が形成され、そこから固相拡散していくために不純物濃度の高精度な制御が困難であった。また拡散源として気体を用いた場合でもその濃度、流量で不純物濃度を高精度に制御することは困難であった。

【0003】また、アブライド、フィジクス、レター第56巻第14号p. 1334-1335 (Applied Physics Letters, 56, 14, p. 1334)に論じられている方法でも半導体表面に不純物を吸着させ、不純物層を形成してしまうのでガスの流量によって拡散層の表面濃度を制御することは困難である。さらにこの方法では真空中で不純物を含むガスを流すので半導体基板上に均一にガスを分布させることが困難である

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来法では、自然酸化膜を通して不純物が拡散するので高い温度が必要であり、また不純物濃度の制御性が悪いという問題が有った。さらに、ウエハ表面に不純物を含むガラス層が形成されるので後処理工程が複雑であった。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】不純物の制御性を良くするために、自然酸化膜を除去してから酸素を含まない雰囲気急熱急冷プロセスによって拡散を行う。またこのとき常圧の水素雰囲気急熱急冷プロセスによって拡散源であるガスが均一に分布し基板内の不純物濃度のバラツキを低減することができ、また拡散源であるガスの分圧が小さいのでウエハ表面に不純物層が付着することなくガスから直接拡散させることができる。

## 【0006】

【作用】自然酸化膜を除去してあるので従来よりも低温で不純物を拡散させることができる。また、不純物を含むガラスが形成されないように水素雰囲気急熱急冷で拡散させるので、拡散源として用いるガスの流量、濃度で不純物濃度を制御することができる。さらに急熱急冷プロセスなので不純物分布のダレが少なく、浅い接合を作りやすい。

## 【0007】

【実施例】以下、本発明を実施例に従って説明する。

【0008】図1は $\text{B}_2\text{H}_6$ ガスを用いて本発明を実施した際の拡散プロファイルの測定結果である。従来のBN拡散法では700℃では均一に拡散させることはできなかったが、本発明を用いることによって、700℃で深さ30nmの接合を形成することができた。

【0009】図2は、本発明によって $\text{B}_2\text{H}_6$ ガスを用いて700℃でボロンを拡散した試料と、従来通り自然酸化膜を通してBNからボロンを拡散した試料とのシート抵抗のウエハ内分布を示している。従来法では分布が30%程度あるのに対し、本発明では5%以内となってい

る。

【0010】図3は本発明の1実施例を示す装置図である。ステンレス製のチャンバ1内にウエハ2を設置し、マスフローコントローラ6を通して $H_2$ を $10\text{ l/min}$ 流して装置内をパージした。次に石英窓3を通して赤外線ランプ4をウエハ2に照射し、 $1000^\circ\text{C}$ まで加熱した。この時の昇温時間は10秒である。 $1000^\circ\text{C}$ で2分間加熱して自然酸化膜を除去したあとに $700^\circ\text{C}$ まで3秒で降温し、マスフローコントローラ7から $B_2H_6$ ガス(0.5% $H_2$ 希釈)を $100\text{ cc/min}$ 流した。拡散時間

は5分である。水素雰囲気中で拡散させているためボロン原子の拡散が促進され、その結果表面濃度は $10^{19}/\text{cm}^3$ 、幅 $10\text{ nm}$ の薄い拡散層を形成することができた。また、 $B_2H_6$ ガスを1分間だけ流し、引き続き $H_2$ アニールを3分間行うことにより、表面濃度を $3 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ まで下げることができた。

【0011】図4は本発明の他の実施例を示す装置図であり、これは通常の常圧エピタキシャル成長装置と同様のものであり、ベルジヤは石英製である。ウエハ2を装置内に設置し、ガスノズル5から $N_2$ ガス $50\text{ l/min}$ を10分間流してからガスを $H_2$ に置換し、 $50\text{ l/min}$ 、10分間流した。次に $H_2$ を流したままワークコイル10に電力を印加し、サセプタ9及びウエハ2を加熱した。昇温速度は $70^\circ\text{C/min}$ である。 $1050^\circ\text{C}$ で10分間アニールすることにより、自然酸化膜を完全に除去することができた。この $H_2$ アニール中にマスフローコントローラ8から $SiH_4$ ガス(4% $H_2$ 希釈) $20\text{ cc/min}$ を混入すると $SiO_2$ のエッチングが加速されるので $800^\circ\text{C}$ で自然酸化膜を除去することができた。その後、 $H_2$ を流したまま $800^\circ\text{C}$ で $B_2H_6$ ガス(0.5% $H_2$ 希釈)を $250\text{ cc/min}$ 、30分間流することによってP型拡散層を形成することができた。ボロン拡散層の表面濃度は $8 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 、拡散深さは $80\text{ nm}$ であった。この時拡散源ガスとして $BF_3$ 、 $BCl_3$ を用いても良い。また、 $PH_3$ 、 $AsH_3$ 、 $SbH_3$ を用いるとN型拡散層を形成することができる。拡散終了後、ワークコイル10に印加する電力を下げウエハ2の温度を $100^\circ\text{C/min}$ の速度で下げた。温度が $400^\circ\text{C}$ 以下になってからチャンバ内を $N_2$ ガスで置換し、ウエハ2の温度が室温になってから取り出した。本装置を用いて不純物を拡散させる際に、拡散源ガスと $SiH_4$ ガスを同時に流すことにより、自然酸化膜のない清浄な $Si$ 上にドーピングした $Si$ 層を $5\text{ nm}$ 程度堆積し、そこから不純物を拡散させても良い。

【0012】図5は図4に示した装置を用い、 $B_2H_6$ ガスの流量を変化させて拡散層を形成した際のシート抵抗の測定結果である。拡散温度は $800^\circ\text{C}$ 、拡散時間は30分である。 $B_2H_6$ ガスは0.1% $H_2$ 希釈のものである。 $800\Omega$ から $600\text{ K}\Omega$ の範囲でシート抵抗を制御することができた。このとき、半導体単結晶表面にはボ

ロン層あるいはシリコンとボロンの合金層は形成されず、気相から直接拡散させることができた。また、拡散後にアニールを行わなくても、不純物は十分活性化されていた。

【0013】図6は本発明の他の実施例を示す装置図である。クリーニング室11にウエハ2を設置し、マスフローコントローラ6から $H_2$ ガスを $50\text{ l/min}$ 流しながら常圧あるいは $100\text{ Torr}$ 程度の減圧下で10分間 $1000^\circ\text{C}$ に保ち、自然酸化膜を除去した。このときマスフローコントローラ8から $SiH_4$ ガスを $10\text{ cc/min}$ 流し、 $800^\circ\text{C}$ でアニールしても自然酸化膜を除去することができる。次に温度を下げながらターボ分子ポンプ15、ドライポンプ16で室内を真空排気した。この時、拡散室12も同様に真空排気した。クリーニング室11、拡散室12の真空度が $1 \times 10^{-6}$ のマイナス9乗 $\text{Torr}$ になったらゲートバルブ13を開き、搬送治具14でウエハ2を拡散室12に移動させた。そしてマスフローコントローラ6、7から $H_2$ ガス、 $B_2H_6$ ガスを流し、圧力が $3\text{ Torr}$ になるように流量を設定し、電極17に高周波電力を印加して、プラズマを発生させた。この条件で30分間ドーピングを行うことにより、深さ $20\text{ nm}$ の拡散層を形成することができた。

【0014】図7は本発明によってベース領域、エミッタ領域を形成したバイポーラトランジスタの断面図である。N型埋込層29の上にエピタキシャル成長層28を $500\text{ nm}$ 堆積し、エミッタ領域、ベース領域となる領域をホトリソグラフィにより残した。ベース引出用多結晶層24およびグラフトベース領域25を形成したあとにシリコン窒化膜22をマスクとして単結晶領域に深さ $200\text{ nm}$ の溝を掘った。溝の側壁にシリコン酸化膜23を形成した後に $B_2H_6$ ガス雰囲気 $700^\circ\text{C}$ で30分間アニールすることにより $30\text{ nm}$ のベース層27を形成した。さらに同じ装置内でガスを $PH_3$ に切り替え、 $700^\circ\text{C}$ で5分間アニールしてエミッタ領域26を形成した。本方法により、球状の不純物プロファイルを実現することができた。

【0015】図8、図9は本発明のほかの実施例を示すものである。図8に示すように、図3に示した装置を用い、水素雰囲気中でアニールすることにより自然酸化膜を除去した後に $200^\circ\text{C}$ まで温度を下げ、 $B_2H_6$ ガス(0.5% $H_2$ 希釈)を2分間流してボロン原子をシリコン表面に吸着させた。次にランプ加熱により再び $800^\circ\text{C}$ まで昇温し、5分間アニールすることによりボロン原子を拡散させた。この工程を30回繰り返すことにより図9に示すような深さ約 $50\text{ nm}$ の拡散層を形成することができた。繰り返し回数を10回とすると、拡散深さは $15\text{ nm}$ となった。

【0016】図10は本発明の他の実施例を示す半導体製造装置図である。この装置はロードロック室31、及び拡散室33から成り、それぞれ搬送室32で連結され

5

ている。ウエハをロードロック室31に設置したあとにマスフローコントローラ6からN<sub>2</sub>ガスを20 l/min流し10分間放置した。次にガスをH<sub>2</sub>に切り替え、10分間放置した。この時、搬送室32、拡散室33、34にもH<sub>2</sub>を20 l/min流し、パージを行った。次にゲートバルブ13を開き、ウエハを拡散室33に搬送した。そこでH<sub>2</sub>を20 l/min流したままランプ加熱によりウエハを800℃まで加熱しマスフローコントローラ7からB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガス(0.1% H<sub>2</sub>希釈)を100 cc/min 5分間流しP型拡散層を形成した。拡散深さは10 nmであった。さらにマスフローコントローラ8からSiH<sub>4</sub>ガス(4% H<sub>2</sub>希釈)2 l/minを1分間流し、エピタキシャル層を10 nm成長させた。その後H<sub>2</sub>ガスを流しながら温度を下げ、200℃まで下がったらゲートバルブ13を開き、ウエハをH<sub>2</sub>雰囲気で拡散室34に搬送した。そこでウエハを再び加熱しPH<sub>3</sub>ガス(0.1% H<sub>2</sub>希釈)を120 cc/min 3分間、SiH<sub>4</sub>ガス(4% H<sub>2</sub>希釈)2 l/minを1分間流すことによりN型拡散層及びエピタキシャル成長層を形成した。さらに同様の手順によりウエハを拡散室33に戻し、B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガスを流してP型拡散層を形成することにより、PNP3層の超格子を形成することができた。これを繰り返すことにより、さらに多層構造を形成することもできる。本方法により形成した超格子の不純物分布を図11に示す。

【0017】図12は図3の装置を用いて拡散層を形成した際の、表面不純物濃度と拡散温度、B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガス流量の関係を示す図である。拡散時間は30分である。図中斜線で示した領域は表面濃度が10<sup>18</sup>から10<sup>19</sup>/cm<sup>3</sup>になる領域であり、この条件でバイポーラトランジスタのベース領域を形成することにより遮断周波数50 GHzが達成された。

【0018】図13はB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガス流量に対する表面濃度の変化を示す図である。800℃で表面濃度を10<sup>18</sup>から10<sup>20</sup>/cm<sup>3</sup>までの範囲で制御することができた。

【0019】図14は本方法により形成した拡散層の不純物分布、および拡散後に瞬間加熱を行った際の不純物、キャリアの分布である。瞬間加熱を行うとキャリアの活性化率はほぼ100%となった。この拡散層の上にN型の多結晶シリコンを堆積して形成したダイオードは逆方向のリーク電流が10のマイナス10乗A/cm<sup>2</sup>であり良好な電気特性を示した。

【0020】

【発明の効果】自然酸化膜を介さずに不純物が拡散していくのでイオン打ち込み法では不可能な浅い接合を低温で形成することができる。また、拡散源としてガスを用いているのでその濃度、流量を調節することによって、不純物濃度を制御することができる。また、瞬間加熱、瞬間冷却を行うので急峻な不純物プロファイルを形成することができる。さらに拡散を常圧の水素雰囲気で行

6

ているので不純物原子の半導体単結晶基板への吸着が促進され、さらに基板上に拡散源のガスが均一に分布する。また、単結晶表面に不純物を含むガラス層、あるいは不純物層が形成されないので拡散層の表面濃度を低濃度から高濃度まで広範囲で変化させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によって形成した拡散層の不純物分布の測定結果である。

【図2】本発明によって形成した拡散層のシート抵抗の測定結果である。

【図3】本発明の1実施例を示す半導体製造装置図である。

【図4】本発明の1実施例を示す半導体製造装置図である。

【図5】本発明によって形成した拡散層のシート抵抗のガス流量依存性である。

【図6】本発明の1実施例を示す半導体製造装置図である。

【図7】本発明の1実施例を示す半導体装置図である。

【図8】本発明を実施した際の温度シーケンスを示す図である。

【図9】本発明によって形成した拡散層の不純物分布の測定結果である。

【図10】本発明の1実施例を示す半導体製造装置図である。

【図11】本発明により形成した超格子構造の不純物分布である。

【図12】本発明により形成した拡散層の表面不純物濃度を示す図である。

【図13】本発明により形成した拡散層の表面不純物濃度とガス流量の関係を示す図である。

【図14】本発明により形成した拡散層の不純物とキャリアの分布を示す図である。

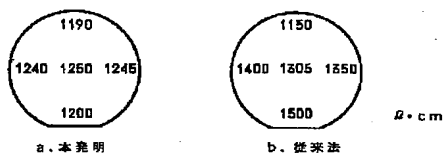
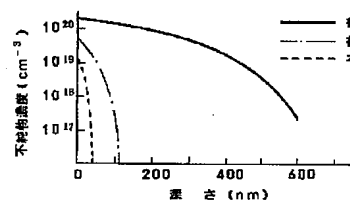
【符号の説明】

1…ステンレスチャンバ、2…ウエハ、3…石英窓、4…赤外線ランプ、5…ガスノズル、6…キャリアガス用マスフローコントローラ、7…拡散源ガス用マスフローコントローラ、8…SiH<sub>4</sub>用マスフローコントローラ、9…サセプタ、10…ワークコイル、11…クリーニング室、12…拡散室、13…ゲートバルブ、14…搬送治具、15…ターボポンプ、16…ドライポンプ、17…電極、18…高周波電源、19…ベース電極、20…エミッタ電極、21…エミッタ多結晶シリコン、22…シリコン窒化膜、23…シリコン酸化膜、24…ベース取り出し多結晶シリコン、25…グラフトベース領域、26…エミッタ領域、27…真性ベース領域、28…エピタキシャル層、29…N型埋込層、30…P型基板、31…ロードロック室、32…搬送室、33…拡散室1、34…拡散室2。

【図1】

【図2】

本発明によって形成した拡散層の不純物分布（図1） 本発明によって形成した拡散層のシート抵抗（図2）



【図3】

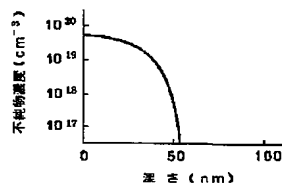
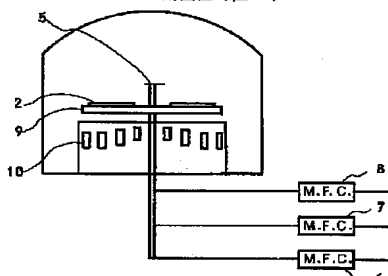
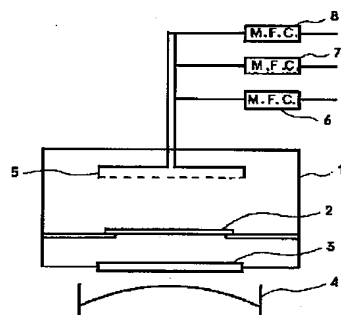
【図4】

【図9】

半導体製造装置断面図（図3）

半導体製造装置断面図（図4）

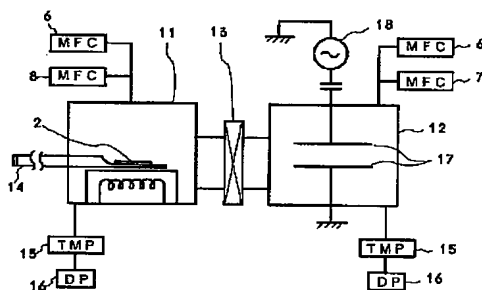
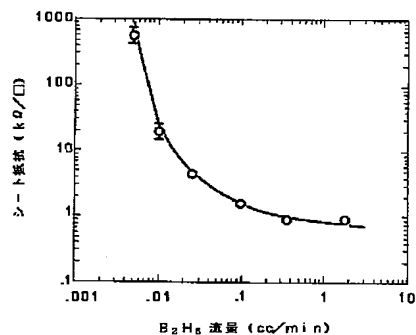
不純物分布（図9）



【図6】

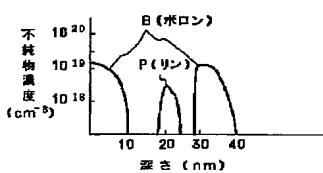
【図5】

半導体製造装置断面図（図6）

拡散層シート抵抗の $\text{B}_2\text{H}_6$ 流量依存性（図5）

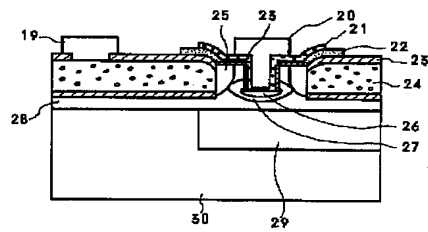
【図11】

不純物分布（図11）



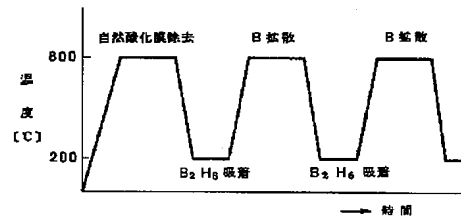
【図 7】

半導體裝置斷面圖(圖7)



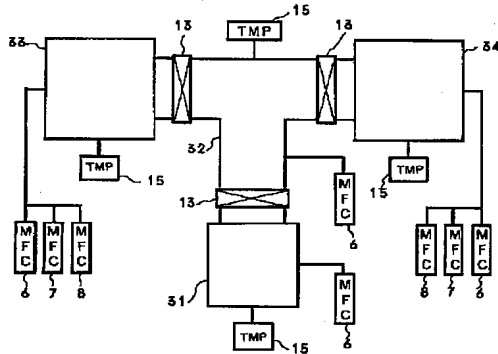
【图8】

温度変化(図8)



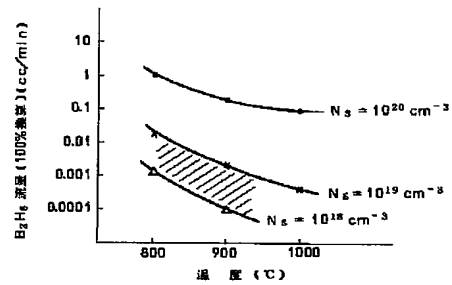
【図 10】

半導體製造裝置断面図(図10)



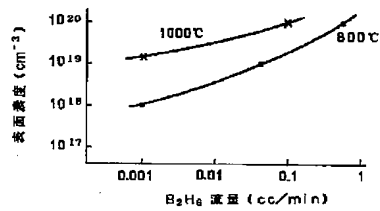
【図 12】

形成した拡散層の表面濃度の変化(図12)



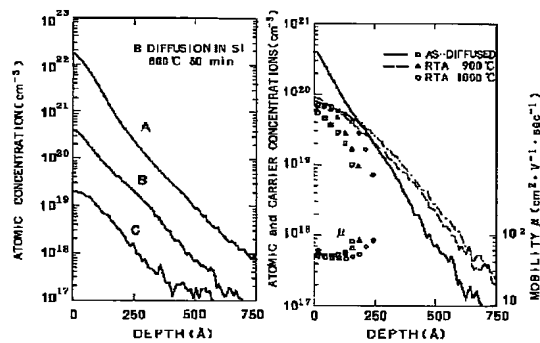
【图 1 3】

拡散層の表面濃度の変化(図13)



【图 14】

拡散層の不純物キャリアプロファイル (図14)





フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>5</sup>

H01L 29/73

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

(72)発明者 稲田 太郎

東京都杉並区井草3-11-13